

# Representasi Bilangan Digital (Bagian 2)

## Kuliah#10 TKC-205 Sistem Digital

Eko Didik Widianto

Departemen Teknik Sistem Komputer, Universitas Diponegoro

11 Maret 2017

- ▶ Rangkaian digital membutuhkan masukan bernilai digital dan menghasilkan keluaran digital (biner)
  - ▶ Nilai digital ini merepresentasikan suatu bilangan atau huruf hanya dengan simbol 0 dan 1
- ▶ Dalam sistem komputer dikenal bilangan utuh dan bilangan pecahan, yang bisa bernilai negatif maupun positif
- ▶ Huruf dinyatakan dalam kode yang dikenali oleh sistem
- ▶ Representasi digital dari bilangan dan huruf digunakan dalam operasi sistem
- ▶ Operasi bilangan yang dapat dilakukan oleh sistem meliputi operasi penjumlahan dan pengurangan
  - ▶ Dilakukan secara digital oleh unit aritmetika dan logika (ALU, *arithmetic logic unit*)

- ▶ Sebelumnya telah dibahas tentang Representasi posisional dalam bentuk biner, oktal, desimal dan heksadesimal
- ▶ Juga representasi bilangan tak bertanda dan bertanda (sign-magnitude, 1's complement dan 2's complement)
- ▶ Selanjutnya akan dibahas tentang representasi bilangan pecahan (*fixed-point* dan *floating-point*), BCD dan ASCII

- ▶ Komputer secara umum tersusun atas antarmuka masukan/keluaran, prosesor, memori dan media penyimpan (misalnya harddisk)
  - ▶ Dari peripheral masukan, komputer mendapatkan masukan data karakter berupa huruf, angka, simbol dan kontrol dari keyboard, misalnya *A*, *b*, *1*, *&*, *\**, dan LF (*line feed*, ganti baris)
  - ▶ Ke peripheral masukan, komputer menampilkan data karakter di layar monitor berupa teks
- ▶ Operasi aritmetika menggunakan sistem bilangan untuk menyatakan bilangan bulat dan pecahan, positif dan negatif, bilangan sangat besar dan bilangan sangat kecil
- ▶ Karakter dan bilangan harus dinyatakan ke dalam nilai digital yang dimengerti komputer

- ▶ bilangan pecahan *fixed-point* (titik tetap)
- ▶ bilangan pecahan *floating-point* (titik mengambang/tidak tetap)
- ▶ BCD (*binary-coded decimal*) untuk kode angka desimal
- ▶ kode ASCII untuk karakter

- ▶ Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa akan mampu:
  1. [C2] menyatakan bilangan pecahan ke dalam bentuk *fixed-point* dengan tepat dan sebaliknya
  2. [C2] menyatakan bilangan pecahan ke dalam bentuk *floating-point* presisi tunggal dan ganda dengan tepat dan sebaliknya
  3. [C2] merepresentasikan karakter dan angka digital ke dalam kode ASCII dan BCD dengan tepat
  4. [C3] menggunakan representasi bilangan, karakter dan angka dalam aplikasi pemrograman dan digital lainnya
- ▶ Referensi:
  - ▶ Eko Didik Widianto, Sistem Digital: Analisis, Desain dan Implementasi, Penerbit Graha Ilmu, Cetakan 1, 2014 (**Bab 8.3 - 8.4**)
- ▶ Link
  - ▶ Website: <http://didik.blog.undip.ac.id/2017/03/06/tkc205-sistem-digital-2016-genap/>
  - ▶ Email: [didik@live.undip.ac.id](mailto:didik@live.undip.ac.id)

Eko Didik Widiyanto, Sistem Digital: Analisis, Desain dan Implementasi, Edisi Pertama, Graha Ilmu, 2014 (**Bab 8: Representasi Data Digital**)

- ▶ Materi:
  - ▶ 8.3 Representasi Bilangan Pecahan: Fixed-Point dan Floating Point (32-bit, 64-bit)
  - ▶ 8.4 Representasi Data Digital Lainnya: BCD, ASCII
- ▶ Website:
  - ▶ <http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>



# Bahasan

Representasi Bilangan Pecahan  
Bilangan Fixed Point  
Bilangan Floating Point 32-Bit  
Bilangan Floating-point Presisi Ganda

Representasi Lainnya  
Bilangan BCD  
Kode ASCII

Ringkasan

Lisensi



# Bilangan Desimal Pecahan

- ▶ Dinyatakan dengan simbol 0-9 dan , (koma) untuk memisahkan bagian bulat dan pecahan
  - ▶ Bilangan pecahan dapat bernilai positif (+) dan negatif (-)
  - ▶ Bilangan ini dapat bernilai sangat besar dan sangat kecil
    - ▶ konstanta temperatur Plank  $T_P = 1,416833 \times 10^{32} K$
    - ▶ konstanta Boltzmann  $k = 1,3806488 \times 10^{-23} J \cdot K^{-1}$ .

## 1. *fixed-point*

- ▶ Bilangan *fixed-point* dinyatakan dengan posisi titik tetap untuk memisahkan bagian bulat dan pecahan
- ▶ Misalnya, bilangan *fixed-point*  $A(4, 4)$  mempunyai 4 bit untuk nilai bulat (dan tanda) dan 4 bit untuk nilai pecahan
- ▶ Jangkauan dan resolusi bilangan dibatasi oleh jumlah bit dalam bilangan

## 2. *floating-point*

- ▶ Bilangan *floating-point* dinyatakan dengan posisi titik mengambang (tidak tetap)
- ▶ Dapat digunakan untuk menyatakan bilangan yang sangat besar maupun sangat kecil

# Bahasan

Representasi Bilangan Pecahan  
Bilangan Fixed Point  
Bilangan Floating Point 32-Bit  
Bilangan Floating-point Presisi Ganda

Representasi Lainnya  
Bilangan BCD  
Kode ASCII

Ringkasan

Lisensi

# Bilangan Fixed-Point

- ▶ Bilangan fixed-point terdiri atas bagian integer (digit signifikan) dan pecahan
  - ▶ memungkinkan bilangan pecahan (mis: 75,625)
  - ▶ Digunakan di mesin yang tidak mempunyai FPU (floating-point unit)

- ▶ Notasi bilangan (n+k) bit:

$$\mathbf{Bn, k} = \mathbf{b_{n-1}b_{n-2} \cdots b_1b_0, b_{-1}b_{-2} \cdots b_{-k}}$$

- ▶ **n**: #bit integer (tanpa bit tanda), **k**: #bit pecahan. Misal: B3,4 adalah bilangan dengan 3 bit integer dan 4 bit pecahan yang disimpan dalam satu integer 2's complement 8-bit
- ▶ Nilai bilangan:  $\mathbf{V(Bn, k)} = \sum_{i=-k}^{n-1} \mathbf{b_i} \times \mathbf{2^i}$  atau  $\mathbf{Q(n, k)}$ 
  - ▶ Jumlah bit:  $n + k + 1$
  - ▶ 1 bit untuk tanda, n bit untuk bulat, dan k-bit untuk pecahan
    - ▶ 2's complement. 0: positif, 1: negatif

# Contoh Bilangan Fixed-Point

- ▶  $B_{3,4} = (0101, 1010)_2 = 2^2 + 1 + 2^{-1} + 2^{-3} = 5,625_{10} = 5, A_{16}$ 
  - ▶  $B_{3,4} = (1011, 1010)_2 = -(01000110_2) = -(2^2 + 2^{-2} + 2^{-3}) = -(8,375)$
- ▶ Rangkaian logika untuk fixed-point sama dengan bilangan integer
- ▶ Referensi lanjut: <http://www.digitalsignallabs.com/fp.pdf>

# Konversi Bilangan Fixed-Point

|   |         |      |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
|---|---------|------|--|---|---|-----|---|-----|-----|---|-----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|-------|--|---|---|-----|---|------|-----|---|------|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|
| <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Pembagi</td> <td style="text-align: center;">Sisa</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">↓</td> <td style="text-align: center;">↓</td> <td style="text-align: center;">LSB</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">205</td> <td style="text-align: center;">1 ←</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">102</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">51</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Bilangan Bulat</p> | Pembagi | Sisa |  | ↓ | ↓ | LSB | 2 | 205 | 1 ← | 2 | 102 | 0 | 2 | 51 | 1 | 2 | 25 | 1 | 2 | 12 | 0 | 2 | 6 | 0 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Pengali</td> <td style="text-align: center;">Bulat</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">↓</td> <td style="text-align: center;">↓</td> <td style="text-align: center;">MSB</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0.75</td> <td style="text-align: center;">1 ←</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0.50</td> <td style="text-align: center;">1 ←</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0.0</td> <td style="text-align: center;">1 ←</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0.0</td> <td style="text-align: center;">0 ←</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Bilangan Pecahan</p> | Pengali | Bulat |  | ↓ | ↓ | MSB | 2 | 0.75 | 1 ← | 2 | 0.50 | 1 ← | 2 | 0.0 | 1 ← | 2 | 0.0 | 0 ← |
| Pembagi   | Sisa    |      |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| ↓   | ↓       | LSB  |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 205     | 1 ←  |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 102     | 0    |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 51      | 1    |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 25      | 1    |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 12      | 0    |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 6       | 0    |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 3       | 1    |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 1       | 1    |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 0       | 1    |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| Pengali   | Bulat   |      |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| ↓   | ↓       | MSB  |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 0.75    | 1 ←  |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 0.50    | 1 ←  |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 0.0     | 1 ←  |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |
| 2   | 0.0     | 0 ←  |  |   |   |     |   |     |     |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |       |  |   |   |     |   |      |     |   |      |     |   |     |     |   |     |     |

Akhir perkalian

Akhir pembagian

Bilangan Fixed-Point  $B_{9,6}$   
 $(205.75)_{10} = (0011001101.110000)_2$

# Konversi Bilangan Fixed-Point

| Pembagi | Sisa |         |
|---------|------|---------|
| 2       | 125  | 1 ← LSB |
| 2       | 62   | 0       |
| 2       | 31   | 1       |
| 2       | 15   | 1       |
| 2       | 7    | 1       |
| 2       | 3    | 1       |
| 2       | 1    | 1       |
| 2       | 0    | 1 ← MSB |

Akhir pembagian → 0

Bilangan Bulat

| Pengali | Bulat |         |
|---------|-------|---------|
| 2       | 0.4   | 0 ← MSB |
| 2       | 0.8   | 1       |
| 2       | 0.6   | 1       |
| 2       | 0.2   | 0       |
| 2       | 0.4   | 0       |
| 2       | 0.8   | 1 ← MSB |
| 2       | 0.6   | 1 ← LSB |

Batas bit pecahan

Bilangan Fixed-Point  $B_{9,6}$   
 $(125.4)_{10} = (0001111101.011001)_2$

# Bilangan Fixed-Point Negatif

- ▶ Tentukan nilai bilangan *fixed-point* untuk  $B_{3,4} = (10111010)_2$
- ▶ **Solusi.** B merupakan bilangan negatif

$$\begin{aligned} B_{3,4} &= (1011\_1010)_2 \\ -B_{3,4} &= 0100\_0110 \\ &= 2^2 + 2^{-2} + 2^{-3} \\ &= 4,375 \\ B_{3,4} &= -4,375 \end{aligned}$$



# Bilangan Fixed-Point Presisi

- ▶ Bilangan *fixed-point* bertanda  $B_{n,k}$ , nilai  $k$  bisa bernilai negatif untuk menyatakan bilangan pecahan yang lebih presisi
  - ▶ Jumlah bit:  $n + k + 1$
  - ▶ Presisi bilangan:  $\frac{1}{2^k}$
- ▶ Tentukan nilai bila Representasi Posisional

# Jangkauan Bilangan Fixed-Point Bertanda

- ▶ Jangkauan bilangan *fixed-point* bertanda  $B_{n,k}$  dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$-2^n \leq B_{n,k} \leq 2^n - \frac{1}{2^k}$$

- ▶ Tentukan dan analisis jangkauan bilangan *fixed-point*  $B_{3,4}$

**Solusi.** Nilai bilangan paling negatifnya adalah  $-2^3$ , atau  $-8$ , yang dinyatakan dengan 10000000. Nilai bilangan paling positif adalah  $2^3 - \frac{1}{2^4}$  atau 7,9375 yang dinyatakan dengan 01111111.

- ▶ Tentukan jangkauan bilangan *fixed-point* bertanda  $B_{-2,17}$

**Solusi.** Bilangan bertanda  $B_{-2,17}$  mempunyai  $n = -2$ ,  $k = 17$  dan dinyatakan dengan  $(-2 + 17 + 1)$  bit, yaitu 16 bit. Bilangan paling negatif bernilai  $-2^n$ , yaitu  $-2^{-2}$  atau  $-0,25$ . Bilangan paling positif bernilai  $2^n - \frac{1}{2^k}$ , yaitu  $2^{-2} - \frac{1}{2^{17}}$ . Presisi bilangan tersebut adalah  $\frac{1}{2^{17}}$ .

# Bahasan

## Representasi Bilangan Pecahan

Bilangan Fixed Point

**Bilangan Floating Point 32-Bit**

Bilangan Floating-point Presisi Ganda

## Representasi Lainnya

Bilangan BCD

Kode ASCII

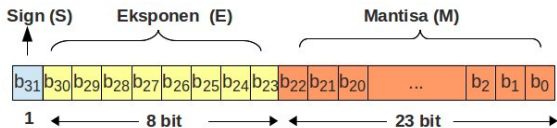
## Ringkasan

## Lisensi

# Bilangan Floating-Point

- ▶ Bilangan fixed-point mempunyai range yang dibatasi oleh digit signifikan yang digunakan untuk merepresentasikan bilangan
- ▶ Dalam beberapa aplikasi, diperlukan bilangan yang mungkin sangat besar atau sangat kecil
  - ▶ Memerlukan representasi **floating-point**
  - ▶ Bilangan direpresentasikan dengan **mantissa** yang berisi bit signifikan dan **eksponen** dari radix R
  - ▶ Format:  $\text{mantisa} \times R^{\text{eksponen}}$
  - ▶ Bilangan tersebut seringkali dinormalisasi terhadap radixnya. Misalnya untuk radix 10:  $1,5 \times 10^{44}$  atau  $1,25 \times 10^{-36}$

# Format IEEE Presisi Tunggal



- ▶ IEEE mendefinisikan format 32-bit (single precision) untuk nilai floating-point (IEEE 754-1985)
  - ▶ 1-bit sign (S)
  - ▶ 8-bit eksponen (E)
  - ▶ 23-bit mantissa (M)
- ▶ Dalam programming dikenal dengan tipe data **float** (C, C++, Java) dan **single** (Pascal, VB, MATLAB)
- ▶ Nilai bilangan:  $V(\mathbf{B}) = (-1)^S \left( 1 + \sum_{i=1}^{23} b_{-i} \times 2^{-i} \right) \times 2^{E-127}$
- ▶ Baca: [http://en.wikipedia.org/wiki/Single\\_precision](http://en.wikipedia.org/wiki/Single_precision)

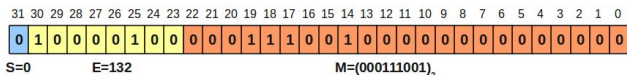


# Contoh Bilangan Float 32-bit

- ▶ Nyatakan bilangan pecahan  $B = 35.625$  dalam format *floating-point* 32-bit
- ▶ **Solusi.**

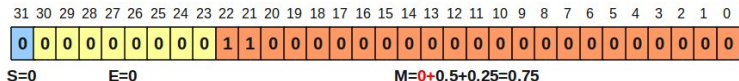
$$\begin{aligned} B &= (35.625)_{10} \\ &= (35)_{10} + (0.625)_{10} \\ &= (100011)_2 + (0.1001)_2 \\ &= (100011.1001)_2 \\ &= (1.000111001)_2 \times 2^5 \end{aligned}$$

- ▶ Dari hasil normalisasi 1.M di atas, diperoleh  $M = 000111001$  dan  $Exp = 5$ , atau  $E = 5 + 127 = 132$ . Jadi, dengan nilai eksponen  $E = 132 = 10000100$  dan mantisa  $M = 000111001$ , maka  $B = 0x420E4000$



# Bilangan Float 32-bit

- ▶ Tentukan nilai pecahan desimal dari bilangan *floating-point*  $B = 0x00600000$
- ▶ **Solusi.**



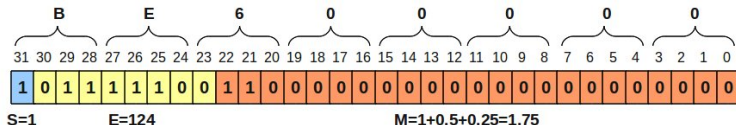
- ▶ Bilangan  $B$  mempunyai nilai eksponen  $E = 0$  dan mantisa  $M \neq 0$ , sehingga merupakan bilangan subnormal. Nilai pecahan desimal dari bilangan subnormal  $B$  adalah:

$$\begin{aligned}V(B) &= (-1)^S \left( 0 + \sum_{i=1}^{23} m_{-i} \times 2^{-i} \right) \times 2^{-126} \\&= (-1)^0 (0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}) \times 2^{-126} \\&= +0.75 \times 2^{-126} \\&= +8.816207631 \times 10^{-39}\end{aligned}$$



# Bilangan Float 32-bit Negatif

- ▶ Bilangan floating-point negatif mempunyai bentuk *sign-magnitude*, yaitu nilai  $S$  menunjukkan tanda sedangkan besar nilai ditunjukkan oleh mantisa dan eksponennya.
- ▶ Nyatakan format floating-point 32-bit dari bilangan  $A = -0.21875$
- ▶ Dari nilai bilangan  $-A = +0.21875$  adalah  $0x3E600000$ . Dengan mengubah field  $S = 1$ , maka bilangan  $A$  dinyatakan dengan  $0xBE600000$



# Deklarasi Bilangan di Bahasa Pemrograman

- ▶ Bilangan *floating-point* presisi tunggal (32-bit) ini dideklarasikan dengan tipe data *float* (bahasa C, C++, Java) dan *single* (Pascal, VB, MATLAB).

```
float anumber; // 32-bit single precision number
int main(){
anumber = -1.1245;
...
return 0;
}
```

# Bahasan

## Representasi Bilangan Pecahan

Bilangan Fixed Point

Bilangan Floating Point 32-Bit

Bilangan Floating-point Presisi Ganda

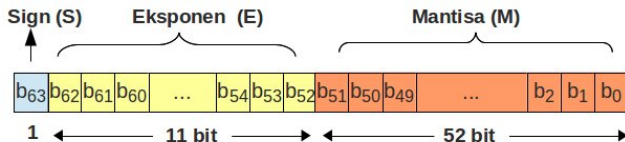
## Representasi Lainnya

Bilangan BCD

Kode ASCII

## Ringkasan

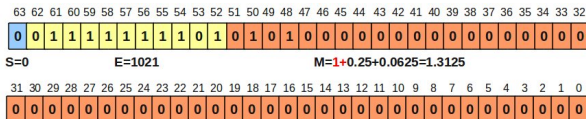
## Lisensi



- ▶ IEEE mendefinisikan format 64-bit (double precision) untuk nilai floating-point (IEEE 754-1985)
  - ▶ 1-bit sign (S)
  - ▶ 11-bit eksponen (E)
  - ▶ 52-bit mantissa (M)
- ▶ Dalam programming dikenal dengan tipe data **double** (C, C++, Java)
- ▶ Nilai bilangan: 
$$V(\mathbf{B}) = (-1)^S \left( 1 + \sum_{i=1}^{52} b_{-i} \times 2^{-i} \right) \times 2^{E-1023}$$

# Bilangan Float 64-bit

► Bilangan double B 0x3FD5000000000000



$$\begin{aligned}V(\mathbf{B}) &= (-1)^S \left( 1 + \sum_{i=1}^{52} m_{-i} \times 2^{-i} \right) \times 2^{E-1023} \\&= (-1)^0 \left( 1 + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-4} \right) \times 2^{1021-1023} \\&= +1.3125 \times 2^{-2} \\&= +0.328125\end{aligned}$$

Atau:

$$\begin{aligned}V(\mathbf{B}) &= (-1)^S 1.M \times 2^{E-1023} \\&= (-1)^0 1.0101 \times 2^{1021-1023} \\&= +1.0101 \times 2^{-2} \\&= 0.010101 \\&= 2^{-2} + 2^{-4} + 2^{-6} \\&= 0.328125\end{aligned}$$

# Nilai Eksponen

| Eksponen (E) | Mantissa (M)         |  | Representasi bilangan                               |
|--------------|----------------------|--|---|
|              | $M = 0$              | $M \neq 0$                                 |   |
| 0            | 0, -0                | subnormal                                  | $(-1)^S \times 0.M \times 2^{-126}$                 |
| 1-2046       | Nilai ternormalisasi |  | $(-1)^S \times 1.bit\ signifikan \times 2^{E-1023}$ |
| 2047         | $\infty$             | bukan bilangan (NAN= <i>not-a-number</i> ) |   |

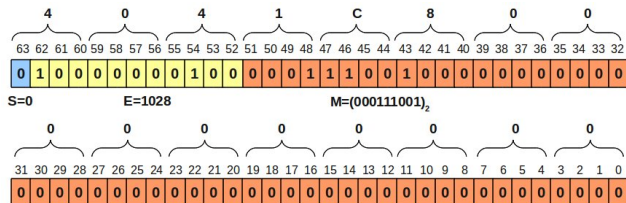
- ▶ Nilai ekstrem bilangan *floating-point* presisi ganda 64-bit adalah untuk  $E = 0$  dan  $E = 2047$ , yaitu
  - ▶  $E = 0$  menyatakan bilangan nol (jika  $M = 0$ ) dan subnormal (jika  $M \neq 0$ )
  - ▶  $E = 2047$  menyatakan bilangan tak terhingga (jika  $M = 0$ ) dan NAN/*not-a-number* (jika  $M \neq 0$ );

# Contoh Bilangan Float 64-bit

- ▶ Nyatakan bilangan pecahan  $B = 35.625$  dalam format *floating-point* 64-bit
- ▶ **Solusi.** Bilangan  $B$  dipecah menjadi bilangan utuh dan bilangan pecahan, seperti di fixed-point. Normalisasi  $1.M$

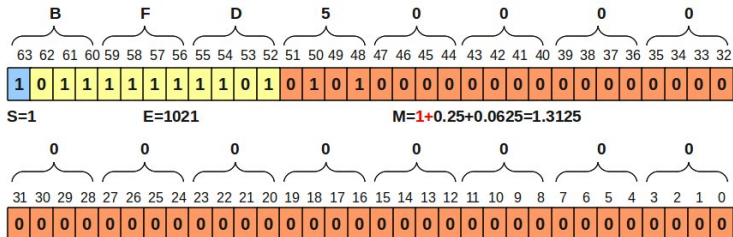
$$\begin{aligned} B &= (35.625)_{10} \\ &= (35)_{10} + (0.625)_{10} \\ &= (100011)_2 + (0.1001)_2 \\ &= (100011.1001)_2 \\ &= (1.000111001)_2 \times 2^5 \end{aligned}$$

- ▶ Diperoleh  $M = 000111001$  dan  $Exp = 5$ , atau  $E = 5 + 1023 = 1028$ . Jadi, nilai eksponen  $E = 1028 = 10000000100$  dan mantisa  $M = 000111001$ , sehingga  $B = 0x4041C800000000$



# Bilangan Float 64-bit Negatif

- Nyatakan format floating-point 64-bit dari bilangan  $B = -0.328125$
- Dari Contoh sebelumnya, nilai bilangan  $-B = 0.328125 = 0x3FD5000000000000$ . Dengan mengubah bit tanda  $S = 1$ , maka bilangan  $A$  dinyatakan dengan  $0xBF50000000000000$





# Deklarasi Bilangan di Bahasa Pemrograman

- ▶ Bilangan *floating-point* presisi ganda (32-bit) ini dideklarasikan dengan tipe data *double* (bahasa C, C++, Java)

```
double anumber; // 64-bit double precision number
int main(){
anumber = -1.1245;
...
return 0;
}
```

# Representasi Digital Lainnya

- ▶ BCD (binary coded decimal)
  - ▶ Digunakan untuk data angka di keypad numerik saat ditekan, misalnya kalkulator
- ▶ ASCII (American Standard Code for Information Interchange)
  - ▶ Informasi teks yang tersusun atas karakter, dari masukan, tampilan keluaran dan format pengiriman data

# Bahasan

Representasi Bilangan Pecahan  
Bilangan Fixed Point  
Bilangan Floating Point 32-Bit  
Bilangan Floating-point Presisi Ganda

Representasi Lainnya  
Bilangan BCD  
Kode ASCII

Ringkasan

Lisensi

# BCD (Binary-Coded Decimal)

- ▶ **Binary-coded-decimal** mengkodekan bilangan desimal dalam bentuk biner
- ▶ Karena terdapat 10 nilai yang harus diwakili, diperlukan 4 bit per digit
  - ▶ Dari 0=0000 sampai 9=1001
  - ▶ Contoh:  $(01111000)_{BCD} = (78)_{10}$
- ▶ BCD digunakan di sistem komputer terdahulu dan kalkulator, keypad numerik
  - ▶ Menyediakan format yang memadai saat informasi numerik perlu ditampilkan di display sederhana berorientasi digit
  - ▶ Tapi, membutuhkan rangkaian yang kompleks untuk melakukan operasi aritmatika dan masalah efisiensi kode (6 buah kode tidak digunakan)

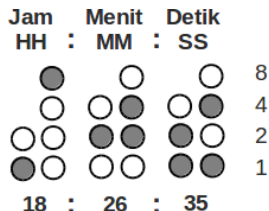
# Contoh BCD

- ▶ Nyatakan bilangan 78 dalam kode BCD
  - ▶ **Solusi.** Bilangan 78 mempunyai 2 digit desimal, yaitu 7 dan 8.
    - ▶ Digit 7 dikodekan ke BCD menjadi 0111
    - ▶ Digit 8 dikodekan dengan 1000
    - ▶ Kode BCD dari bilangan 78 adalah 01110000 atau bisa dituliskan 0111\_0000 (Tanda \_ hanya digunakan untuk menandakan tiap digit)
- ▶ Tentukan bilangan desimal yang dinyatakan dengan kode BCD 001000010010
  - ▶ **Solusi.** Kode BCD tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

|         |      |      |      |
|---------|------|------|------|
| BCD     | 0010 | 0001 | 0010 |
| Desimal | 2    | 1    | 2    |
  - ▶ Jadi, kode BCD 001000010010 menyatakan bilangan 212

# Aplikasi dan Kekurangan

## ▶ Jam biner



## ▶ Kekurangan:

- ▶ membutuhkan rangkaian yang kompleks untuk melakukan operasi aritmetika
  - ▶ Rangkaian penjumlah BCD lebih kompleks daripada penjumlah biner
- ▶ Kode ini kurang efisien
  - ▶ 4 bit yang digunakan hanya menyatakan 10 simbol, sedangkan 6 simbol lainnya tidak digunakan

# Bahasan

Representasi Bilangan Pecahan  
Bilangan Fixed Point  
Bilangan Floating Point 32-Bit  
Bilangan Floating-point Presisi Ganda

Representasi Lainnya  
Bilangan BCD  
Kode ASCII

Ringkasan

Lisensi

- ▶ Kode yang sering digunakan untuk merepresentasikan informasi di komputer
  - ▶ *American Standard Code for Information Interchange*
  - ▶ bilangan, huruf, tanda baca dan kontrol kode
- ▶ Kode ASCII menggunakan pola 7-bit untuk merepresentasikan 128 simbol
  - ▶ digit bilangan (0-9)
  - ▶ karakter (a-z dan A-Z)
  - ▶ tanda baca
  - ▶ kode kontrol



# Kode ASCII

| Bits           |                |                |                |                | Column         | 0              | 1   | 2   | 3  | 4 | 5 | 6 | 7 |     |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|----|---|---|---|---|-----|
| b <sub>7</sub> | b <sub>6</sub> | b <sub>5</sub> | b <sub>4</sub> | b <sub>3</sub> | b <sub>2</sub> | b <sub>1</sub> | 0   | 1   | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7   |
| 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | NUL | DLE | SP | 0 | @ | P | ` | p   |
| 0              | 0              | 0              | 0              | 1              | 1              | 1              | SOH | DC1 | !  | 1 | A | Q | a | q   |
| 0              | 0              | 1              | 0              | 0              | 2              | 2              | STX | DC2 | "  | 2 | B | R | b | r   |
| 0              | 0              | 1              | 1              | 1              | 3              | 3              | ETX | DC3 | #  | 3 | C | S | c | s   |
| 0              | 1              | 0              | 0              | 0              | 4              | 4              | EOT | DC4 | \$ | 4 | D | T | d | t   |
| 0              | 1              | 0              | 1              | 1              | 5              | 5              | ENQ | NAK | %  | 5 | E | U | e | u   |
| 0              | 1              | 1              | 0              | 0              | 6              | 6              | ACK | SYN | &  | 6 | F | V | f | v   |
| 0              | 1              | 1              | 1              | 1              | 7              | 7              | BEL | ETB | '  | 7 | G | W | g | w   |
| 1              | 0              | 0              | 0              | 0              | 8              | 8              | BS  | CAN | (  | 8 | H | X | h | x   |
| 1              | 0              | 0              | 1              | 1              | 9              | 9              | HT  | EM  | )  | 9 | I | Y | i | y   |
| 1              | 0              | 1              | 0              | 0              | 10             | 10             | LF  | SUB | *  | : | J | Z | j | z   |
| 1              | 0              | 1              | 1              | 1              | 11             | 11             | VT  | ESC | +  | ; | K | [ | k | {   |
| 1              | 1              | 0              | 0              | 0              | 12             | 12             | FF  | FC  | ,  | < | L | \ | l |     |
| 1              | 1              | 0              | 1              | 1              | 13             | 13             | CR  | GS  | -  | = | M | ] | m | }   |
| 1              | 1              | 1              | 0              | 0              | 14             | 14             | SO  | RS  | .  | > | N | ^ | n | ~   |
| 1              | 1              | 1              | 1              | 1              | 15             | 15             | SI  | US  | /  | ? | O | _ | o | DEL |

▶ Lihat: <http://en.wikipedia.org/wiki/ASCII>

▶ Sumber:

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:ASCII\\_Code\\_Chart-Quick\\_ref\\_card.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:ASCII_Code_Chart-Quick_ref_card.png)

# Contoh ASCII

- ▶ Nyatakan kalimat “Sistem Digital” ke dalam kode ASCII
- ▶ Solusi. Kalimat tersebut terdiri atas 14 karakter, yaitu S-i-s-t-e-m-spasi-D-i-g-i-t-a-l

|                  |         |         |         |         |         |         |         |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Karakter         | S       | i       | s       | t       | e       | m       | spasi   |
| ASCII<br>(biner) | 1010011 | 1101001 | 1110011 | 1110100 | 1100101 | 1101101 | 0100000 |

|                  |         |         |         |         |         |         |         |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Karakter         | D       | i       | g       | a       | t       | a       | l       |
| ASCII<br>(biner) | 1000100 | 1101001 | 1100111 | 1100001 | 1110100 | 1100001 | 1101100 |

- ▶ Kode ASCII ekstended 8-bit mempunyai tambahan simbol untuk 128 karakter grafik (*local glyph*)
  - ▶ [http://en.wikipedia.org/wiki/Extended\\_ASCII](http://en.wikipedia.org/wiki/Extended_ASCII)
- ▶ Unicode/UCS (Universal Character Set) ISO/IEC 10646
  - ▶ Unicode/UCS dinyatakan dengan identitas kode unik (disebut *code point*) dan kode dalam format 8 bit, 16 bit, dan 32 bit
    - ▶ Dapat menyatakan lebih banyak karakter, sekitar 110.000 karakter
    - ▶ Unicode 8 bit, 16 bit dan 32 bit dikenal sebagai UTF-8, UTF-16, UTF-32

- ▶ Yang telah kita pelajari hari ini:
  - ▶ Bilangan pecahan fixed-point
  - ▶ Bilangan pecahan floating-point 32-bit dan 64-bit
  - ▶ Bilangan BCD
  - ▶ Bilangan ASCII
- ▶ Bab berikutnya akan operasi aritmetika dan rangkaiannya, meliputi penjumlahan dan pengurangan, menggunakan format bilangan yang telah dijabarkan di bab ini
- ▶ Pelajari: <http://didik.blog.undip.ac.id/2017/03/06/tkc205-sistem-digital-2016-genap/>

## Creative Common Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

- ▶ Anda bebas:
  - ▶ untuk **Membagikan** — untuk menyalin, mendistribusikan, dan menyebarkan karya, dan
  - ▶ untuk **Remix** — untuk mengadaptasikan karya
- ▶ Di bawah persyaratan berikut:
  - ▶ **Atribusi** — Anda harus memberikan atribusi karya sesuai dengan cara-cara yang diminta oleh pembuat karya tersebut atau pihak yang mengeluarkan lisensi. Atribusi yang dimaksud adalah mencantumkan alamat URL di bawah sebagai sumber.
  - ▶ **Pembagian Serupa** — Jika Anda mengubah, menambah, atau membuat karya lain menggunakan karya ini, Anda hanya boleh menyebarkan karya tersebut hanya dengan lisensi yang sama, serupa, atau kompatibel.
- ▶ Lihat: **Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported License**
- ▶ Alamat URL: <http://didik.blog.undip.ac.id/buku/sistem-digital/>